

УДК 531.43/.49; 539.62; 532.516

А.Ш. Сыздыкова

A.Sh. Syzdykova

Омский государственный университет

Omsk State University

ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СТАЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ, ЛЕГИРОВАННЫХ МЕДЬЮ

TRIBOLOGICAL PROPERTIES OF STEEL COATINGS DOPED WITH COPPER

Исследованы микроструктура и трибологические свойства покрытий, полученных при одновременном распылении катодов из меди и стали 12Х18Н10Т. Показана перспективность таких покрытий при изготовлении пар трения.

Ключевые слова: покрытие, трение, микроструктура, пары трения, легирование.

We studied the microstructure and tribological properties of coatings obtained while spraying copper cathodes and cathodes made of steel 12X18H10T. The prospects of such coatings in the manufacture of friction pairs.

Keywords: cover, friction, microstructure, friction pair, alloying.

Одной из важнейших в трибологии является проблема повышения износостойкости конструкционных материалов, составляющих трибосопряжения и узлы трения. Именно поэтому снижение износа относится к приоритетным инженерным задачам наряду с улучшением антифрикционных характеристик.

Ф.П. Боуден с сотрудниками [1] измерили коэффициенты для чистых металлов. С их поверхности атомы воздуха и окисные пленки были удалены нагреванием в вакууме. Полученные коэффициенты трения колебались от 1 до 5, а для некоторых пар достигали 10 и выше, тогда как в обычных условиях они составляли менее 1. Это указывает на то, что для уменьшения коэффициента трения в вакууме необходимо модифицировать поверхность узлов трения и, в частности, использовать специальные покрытия, полученные также в условиях вакуума.

В настоящее время получают различного рода композиционные покрытия, уменьшающие величину сухого трения в трибосопряжениях [2, 3].

Сталь марки 12X18Н10Т аустенитного класса широко используется при изготовлении деталей тепловых электростанций, в том числе и трибосопряжений.

Цель настоящей работы – повышение антифрикционных свойств этого типа сталей.

Объекты и методы исследования. Для нанесения покрытий использовались катоды из меди и стали марки 12X18Н10Т. С их помощью наносились покрытия на установке ННВ-6.6.И1 на стальную подложку 12X18Н10Т в газовой среде аргона и азота в течение 40 мин при токе дуги $I_{и} = 80$ А, опорном напряжении $U_{оп} = 200$ В и давлении газа в камере $P = 5 \cdot 10^{-3}$ мм рт. ст.

Микроструктура покрытий исследовалась на атомно-силовом микроскопе NT-206 и электронном микроскопе JEOL JSM-5910. Для измерения микротвердости использовался микротвердомер HVS-1000А, а для трибологических исследований – созданная в лаборатории КарГУ установка для определения износостойкости и трения скольжения [4].

Результаты эксперимента. На рисунке показаны атомная и электронно-микроскопическая структуры покрытия.

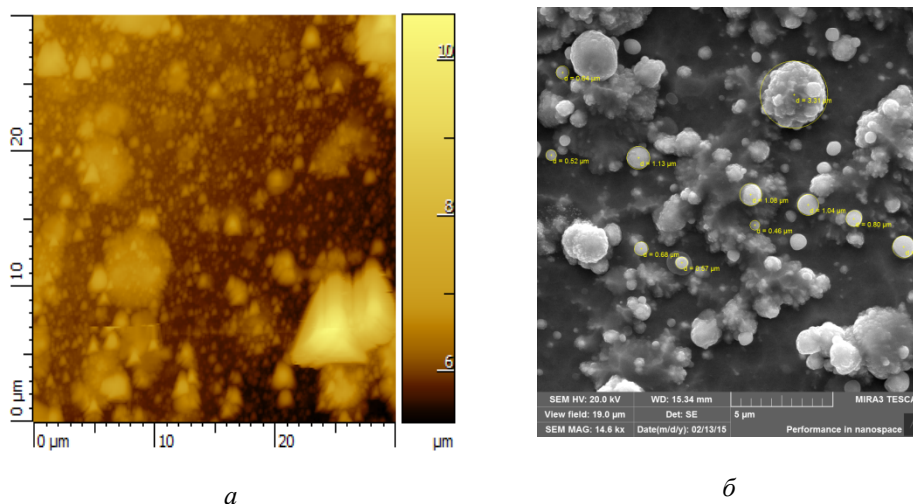


Рис. Атомная (а) и электронно-микроскопическая (б) структуры покрытия 12X18Н10Т+Cu в газовой среде азота

В целом структура представляет собой субкристаллические глобулы, разделенные аморфными прослойками. Микроструктуру однофазных пленок хорошо можно описать с помощью моделей, предложенных Торнтоном [5]. Однако эти модели сильно изменяются, если в пленку добавить легирующую

примесь. Примеси останавливают рост зерна и стимулируют перезародышеобразование. Это явление приводит, как правило, к формированию глобулярной структуры. Для среднего и высокого содержания примесей полностью исчезает столбчатая микроструктура, которая типична главным образом для зоны I однофазных пленок. Этот факт описывает модель, развитая Барна и Адамиком [6].

В табл. 1 представлены коэффициенты трения исследованных покрытий.

Таблица 1

Коэффициенты трения

Комбинации материалов		Коэффициент сухого трения
12X18H10T	12X18H10T	0,846
12X18H10T	12X18H10T+Cu	0,121
12X18H10T+Cu	12X18H10T+Cu	0,221
12X18H10T	Медная пластина	0,109

Обсуждение результатов эксперимента. Наличие глобулярной структуры приводит к снижению коэффициентов трения. Это связано с эффектом «скольжения» по шарам, хорошо известное из механики (подшипники). Из табл. 1 следует, что для одноименных пар металлов коэффициенты трения всегда выше, чем для разноименных. Экспериментально этот факт известен уже давно (табл. 2).

Таблица 2

Коэффициенты сухого трения для однородных пар наиболее распространенных материалов [7]

Комбинации материалов		Коэффициент сухого трения
Алюминий	Алюминий	1,05–1,35
Кадмий	Кадмий	0,5
Хром	Хром	0,41
Медь	Медь	1,0
Графит	Графит (в вакууме)	0,5–0,8
Железо	Железо	1,0
Магний	Магний	0,6
Никель	Никель	0,7–1,1
Платина	Платина	1,2
Серебро	Серебро	1,4
Сталь	Сталь	0,8
Цинк	Цинк	0,6

В работах [8, 9] подобное поведение трибологических свойств металлических материалов объясняется связью последних с их энергией Ферми, работой выхода электронов и еще целым рядом параметров. Однако считать теоретическую трибологию завершенной наукой пока нельзя [10].

Процесс модификации поверхности должен заканчиваться образованием на поверхностях трения тонких слоев вторичных структур, предохраняющих материал от схватывания и задиров, а также равновесной шероховатости, необходимой для обеспечения стабильного значения коэффициента трения.

В этой области наукой еще не вполне раскрыты механизмы самоорганизации в зоне контакта и пути воздействия на способность пар трения к самоорганизации, когда система сама формирует оптимальную микрогеометрию поверхностей, защитные пленки, перестраивает структуру поверхностных слоев металла, меняет твердость в целях сохранения нормального функционирования.

Полученные в настоящей работе результаты могут быть полезны широкому кругу специалистов, занимающихся вопросами повышения эксплуатационных свойств конструкционных сталей.

Список литературы

1. Боуден Ф.П., Тейбор Д. Трение и смазка твердых тел. – М.: Машиностроение, 1968. – 543 с.
2. Effects of the chromium to aluminum content on the tribology in dry machining using (Cr, Al) N coated tools / H. Scheerer, H. Hoche, E. Broszeit [et al.] // *Surface and Coatings Technology*. – 2005. – Vol. 200. – P. 203–207.
3. Influence of phase transition on the tribological performance of arc-evaporated AlCrVN hard coatings / R. Franz, J. Neidhardt, R. Kaindl [et al.] // *Surface and Coatings Technology*. – 2009. – Vol. 203. – P. 1101–1105.
4. Колесников В.А., Байсагов Я.Ж., Юров В.М. Информационно-измерительный прибор для определения коэффициента трения скольжения // *Фундаментальные исследования*. – 2011. – № 12. – Ч. 1. – С. 121–124.
5. Thornton J.A. Structure and topography of sputtering coatings // *Ann. Rev. Material Sci.* – 1977. – Vol. 7. – P. 239–260
6. Barna P.B., Adamik M. Formation and characterization of the structure of surface coating // *In Protective Coatings and Thin Films*. – 1977. – P. 279–297.
7. Крагельский И.В., Виноградова И.Э. Коэффициенты трения. – М.: Машгиз, 1962. – 220 с.
8. Юров В.М., Гученко С.А. Некоторые вопросы физики сухого трения // *Вестник Карандин. гос. ун-та. Сер.: Физика*. – 2011. – № 1 (61). – С. 44–51.

9. Юров В.М. О корреляции энергии связи пар атомов металлов с коэффициентом сухого трения // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2010. – № 8. – С. 149.

10. Фролов К.В. Современная трибология: итоги и перспективы. – М.: Наука, 2008. – 480 с.

Получено 04.06.2015

Сыздыкова Айгуль Шаяхметовна – аспирантка, Омский государственный технический университет, e-mail: aigul.syzdikova@gmail.com.